

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-111831

(43)Date of publication of application : 21.04.2000

(51)Int.Cl.

G02B 27/10
G02B 6/293
H04J 14/00
H04J 14/02
H04B 10/02

(21)Application number : 11-232041

(71)Applicant : FUJITSU LTD
AVANEX CORP

(22)Date of filing : 18.08.1999

(72)Inventor : SHIRASAKI MASATAKA
SIMON KAO

(30)Priority

Priority number : 98 140638 Priority date : 26.08.1998 Priority country : US
99 352660 07.07.1999

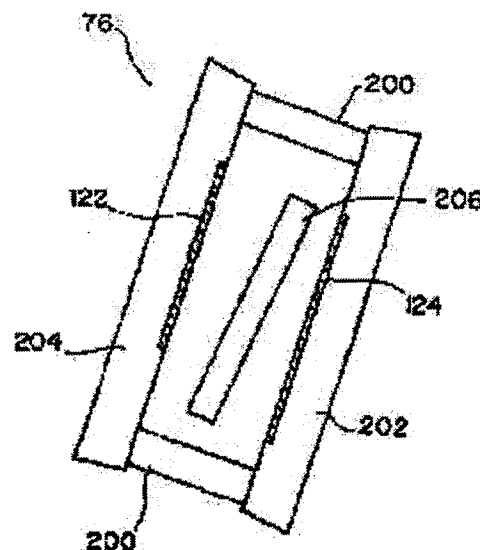
US

(54) VIRTUALLY IMAGED PHASED ARRAY(VIPA) EQUIPPED WITH SPACER MEMBER AND OPTICAL-PATH LENGTH ADJUSTING MEMBER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To separate plural carriers from wavelength multiplex light at the same time with simple constitution by providing an angle dispersing means which has a 1st and a 2nd surfaces and a spacer means which holds constant the relative position between the 1st and 2nd surfaces and has a coefficient of thermal expansion less than a specific value.

SOLUTION: The virtually imaged phased array 76 is equipped with the angle dispersing device which has the surfaces of reflecting films 122 and 124. The surface of the 1st reflecting film 122 has such a reflection factor that part of incident light is transmitted. The surfaces of the reflecting films 122 and 124 are so arranged that the input light is reflected more than once between the surfaces of the reflecting films 122 and 124 so that more than one light is transmitted from the surface of the reflecting film 122. The plural transmitted lights interfere with one another to generate an output light which can spatially be discriminated from an output light generated for an input light of any other wavelength in a continuous range of wavelength. The spacer member 200 has a $\leq 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ coefficient of thermal expansion so as to hold constant the relative position between the surfaces of the reflecting films 122 and 124.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-111831
(P2000-111831A)

(43) 公開日 平成12年4月21日 (2000. 4. 21)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
G 0 2 B 27/10		G 0 2 B 27/10	
6/293		6/28	B
H 0 4 J 14/00		H 0 4 B 9/00	E
14/02			U
H 0 4 B 10/02			

審査請求 未請求 請求項の数38 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願平11-232041	(71) 出願人	000003223 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(22) 出願日	平成11年8月18日 (1999. 8. 18)	(71) 出願人	599084555 アバネックス コーポレーション Avanex Corporation アメリカ合衆国, 94538 カリフォルニア州, フリーモント, アルブラエ ストリート 42501番地
(31) 優先権主張番号	0 9 / 1 4 0 6 3 8	(74) 代理人	100074099 弁理士 大曾 義之 (外1名)
(32) 優先日	平成10年8月26日 (1998. 8. 26)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
(31) 優先権主張番号	0 9 / 3 5 2 6 6 0		
(32) 優先日	平成11年7月7日 (1999. 7. 7)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

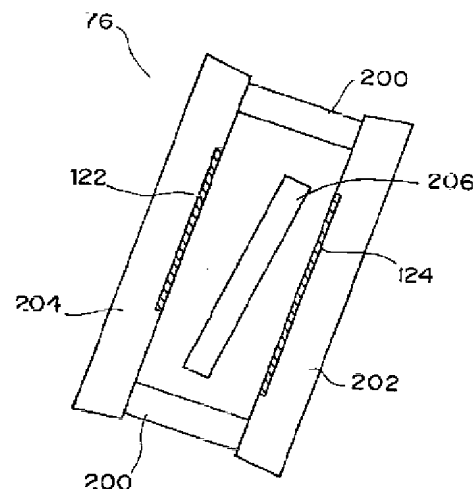
(54) 【発明の名称】 スペーサ部材と光路長調整部材を備えるバーチャリ・イメージド・フェーズド・アレイ (VIP A)

(57) 【要約】

【課題】 簡単な構成で、波長多重光から複数のキャリアを同時に分離することのできる波長分波器を提供する。

【解決手段】 各波長の入力光を受光し、入力光の波長に従って、空間的に区別可能な出力光を生成するバーチャリ・イメージド・フェーズド・アレイ (VIP A)。VIP Aは、第1と第2の面を有している。第2の面は、入射する光の一部を透過させる反射率を有する。第1と第2の面は、入力光が第1と第2の面の間で複数回反射され、第2の面から複数の光が透過されるように配置されている。複数の透過光は、互いに干渉し、波長の連続範囲内の他のいかなる波長を有する入力光に対して生成される出力光とも空間的に区別可能な出力光を生成する。スペーサ部材は、略0の熱膨張係数を有しており、第1と第2の面の相対位置を一定に保つ。好ましくは、スペーサ部材の熱膨張係数は、 $10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ 以下である。さらに好ましくは、スペーサ部材の熱膨張係数は $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ である。

本発明の更なる実施形態に従った、スペーサ部材と間隙長調整部材を有するVIP Aを示す図



【特許請求の範囲】

【請求項1】波長の連続範囲内の各波長の入力光を受光する装置であって、

第1と第2の面を有し、第2の面は、入射光の一部を透過させる反射率を有し、第1と第2の面は、入力光が第1と第2の面の間で複数回反射し、第2の面から複数の光が透過され、複数の透過光は、互いに干渉して、波長の連続範囲内の他のいかなる波長の入力光に対して生成された出力光からも空間的に区別可能な出力光を生成する角分散手段と、

第1と第2の面間の相対位置を一定に保つ、熱膨張係数が $10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ 以下であるスペーサ手段と、を備えることを特徴とする装置。

【請求項2】前記スペーサ手段は、 $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下の熱膨張係数を有することを特徴とする請求項1に記載の装置。

【請求項3】前記スペーサ手段は、ガラスからなる材質でできていることを特徴とする請求項1に記載の装置。

【請求項4】前記第1と第2の面は互いに平行で、前記スペーサ手段は、該第1と第2の面を、温度変化に際して、平行に保つことを特徴とする請求項1に記載の装置。

【請求項5】前記第1と第2の面は、特定の距離だけ分離されており、前記スペーサ手段は該特定の距離を一定に保つことを特徴とする請求項1に記載の装置。

【請求項6】前記スペーサ手段は、前記第1と第2の面に接していることを特徴とする請求項1に記載の装置。

【請求項7】更に、前記第1と第2の面の間の相対位置を一定に保つ複数のスペーサ手段を備えることを特徴とする請求項1に記載の装置。

【請求項8】更に、前記第1と第2の面間に位置し、該第1と第2の面間の光学的距離の変化を調整可能な調整手段を備えることを特徴とする請求項1に記載の装置。

【請求項9】前記調整手段は、透明な材質で構成されていることを特徴とする請求項8に記載の装置。

【請求項10】前記調整手段は、透明な材質で構成されており、第1の面と第2の面を有し、該第1の面は、前記角分散手段の前記第1の面に隣接しており、該第2の面は、該角分散手段の前記第2の面に隣接しており、該調整手段の該第1と第2の面は、反射防止コーティングがなされていることを特徴とする請求項8に記載の装置。

【請求項11】前記調整手段は、板であることを特徴とする請求項10に記載の装置。

【請求項12】前記調整手段は、前記光学的距離を可変するために回転可能であることを特徴とする請求項8に記載の装置。

【請求項13】前記調整手段は、前記光学的距離を可変するために回転可能であることを特徴とする請求項10に記載の装置。

【請求項14】前記第1の面は、略100%の反射率を有していることを特徴とする請求項1に記載の装置。

【請求項15】前記入力光は、波長の連続範囲内の異なる波長をそれぞれ有する少なくとも2つのキャリアからなる波長分割多重光であり、前記複数の透過光は、互いに干渉して、該入力光の各キャリアに対し各出力光を生成し、該出力光は、他の出力光とは空間的に区別可能であることを特徴とする請求項1に記載の装置。

【請求項16】前記装置は上面から見た図を有し、更に、前記角分散手段から前記出力光を受光し、前記第1と第2の面間で反射されるように、該角分散手段へ該出力光を返送する光返送手段と、

以下のように配置されたレンズであって、該出力光が該角分散手段から該レンズに進み、それから、該レンズによって、該光返送手段に収束されることによって、該出力光を該角分散手段から該光返送手段へ向かわせ、該光返送手段から該レンズへ進み、それから、該レンズによって該角分散手段へ向けられることによって、該出力光を該光返送手段から該角分散手段へと返送し、該角分散手段から該レンズに進む出力光は、該上面から見て、該角分散手段に対し垂直で、該レンズから該各分散手段に進む返送された出力光は、該上面から見て、該各分散手段に対して垂直であるように配置された該レンズと、を備えることを特徴とする請求項8に記載の装置。

【請求項17】各波長の入力光を受光し、線に収束する装置であって、

第1と第2の面を備え、該第2の面は、入射光の一部を透過させる反射率を有し、該第1と第2の面は、該入力光が該線から放射され、該第1と第2の面間で複数回反射され、該第2の面を介して複数の光が出力され、該複数の透過光は、互いに干渉し、異なる波長の入力光に対し生成された出力光と空間的に区別可能な出力光を生成する角分散手段と、

該第1と第2の面間の相対位置を一定に保つ、熱膨張係数が $10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ 以下であるスペーサ手段と、を備えることを特徴とする装置。

【請求項18】前記スペーサ手段は、ガラスからなる材質で作られていることを特徴とする請求項17に記載の装置。

【請求項19】前記スペーサ手段は、 $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下の熱膨張係数を有していることを特徴とする請求項17に記載の装置。

【請求項20】前記第1と第2の面は互いに平行で、前記スペーサ手段は、温度変化の際、該第1と第2の面を平行に保つことを特徴とする請求項17に記載の装置。

【請求項21】前記第1と第2の面は、特定の距離だけ分離されており、前記スペーサ手段は、該特定の距離を一定に保つことを特徴とする請求項17に記載の装置。

【請求項22】前記スペーサ手段は、前記第1と第2の

面に接することを特徴とする請求項17に記載の装置。

【請求項23】更に、前記第1と第2の面間の相対位置を一定に保つ複数のスペーサ手段を備えることを特徴とする請求項17に記載の装置。

【請求項24】更に、前記第1と第2の面間に位置し、該第1と第2の面間の光学的距離の変化を調整する調整手段を備えることを特徴とする請求項17に記載の装置。

【請求項25】前記調整手段は、透明な部材で構成されていることを特徴とする請求項24に記載の装置。

【請求項26】前記調整手段は、透明な部材で構成されており、第1と第2の面を有し、該第1の面は、前記角分散手段の前記第1の面に隣接し、該第2の面は、該角分散手段の前記第2の面に隣接し、該調整手段の該第1と第2の面は反射防止コーティングがされていることを特徴とする請求項24に記載の装置。

【請求項27】前記調整手段は、板であることを特徴とする請求項26に記載の装置。

【請求項28】前記調整手段は、前記光学的距離を変化させるために回転可能であることを特徴とする請求項24に記載の装置。

【請求項29】前記調整手段は、前記光学的距離を変化させるために回転可能であることを特徴とする請求項26に記載の装置。

【請求項30】前記第1の面は、略100%の反射率を有することを特徴とする請求項17に記載の装置。

【請求項31】前記入力光は、それぞれ異なる波長の少なくとも2つのキャリアからなる波長分割多重光であり、前記複数の透過光は、互いに干渉し、前記入力光の各キャリアに対し各出力光を生成し、各出力光は他の出力光と空間的に区別可能であることを特徴とする請求項17に記載の装置。

【請求項32】前記装置は上面から見た図を有し、更に、前記角分散手段から前記出力光を受光し、前記第1と第2の面間で反射されるように、該角分散手段へ該出力光を返送する光返送手段と、
以下のように配置されたレンズであって、すなわち、該出力光が該角分散手段から該レンズに進み、それから、該レンズによって、該光返送手段に収束されることによって、該出力光を該角分散手段から該光返送手段へ向かわせ、該光返送手段から該レンズへ進み、それから、該レンズによって該角分散手段へ向けられることによって、該出力光を該光返送手段から該角分散手段へと返送し、該角分散手段から該レンズに進む出力光は、該上面から見て、該角分散手段に対し垂直で、該レンズから該各分散手段に進む返送された出力光は、該上面から見て、該各分散手段に対して垂直であるように配置されたレンズと、を備えることを特徴とする請求項24に記載の装置。

【請求項33】波長の連続範囲内の各波長の入力光を受光する装置であって、

第1と第2の面を備え、該第2の面は、入射光の一部を透過させる反射率を有し、該第1と第2の面は、該入力光が、該第1と第2の面間で複数回反射され、該第2の面を介して複数の光が出力され、該複数の透過光は、互いに干渉し、波長の連続範囲内の他のいかなる波長の入力光に対し生成された出力光とも空間的に区別可能な出力光を生成する角分散手段と、

該第1と第2の面の相対位置を一定に保ち、ガラスからなる材質で作られ、略0の熱膨張係数を有するスペーサ手段と、を備えることを特徴とする装置。

【請求項34】前記スペーサ手段は、 $10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ 以下の熱膨張係数を有していることを特徴とする請求項33に記載の装置。

【請求項35】前記スペーサ手段は、 $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下の熱膨張係数を有していることを特徴とする請求項33に記載の装置。

【請求項36】各波長の入力光を受光し、線に収束する装置であって、

第1と第2の面を備え、該第2の面は、入射光の一部を透過させる反射率を有し、該第1と第2の面は、該入力光が該線から放射され、該第1と第2の面間で複数回反射され、該第2の面を介して複数の光が出力され、該複数の透過光は、互いに干渉し、異なる波長の入力光に対し生成された出力光とも空間的に区別可能な出力光を生成する角分散手段と、

該第1と第2の相対位置を一定に保ち、ガラスからなる材質で作られており、略0の熱膨張係数を有しているスペーサ手段と、を備えることを特徴とする装置。

【請求項37】前記スペーサ手段は、 $10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ 以下の熱膨張係数を有していることを特徴とする請求項36に記載の装置。

【請求項38】前記スペーサ手段は、 $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下の熱膨張係数を有していることを特徴とする請求項36に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、バーチャリ・イメージド・フェーズド・アレイ (VIPA)、すなわち、複数のキャリアからなる波長分割多重光を受光し、波長分割多重光を、複数のキャリアにそれぞれ対応し、互いに空間的に区別可能な複数の光束に分波する波長分波器に関する。

【0002】

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】波長分割多重は、高速で比較的大量のデータを転送するために、光ファイバ通信に使用される。すなわち、情報で変調されたそれぞれの複数のキャリアは、波長分割多重光に合波される。波長分割多重光は、それから、受信器に

対して1つの光ファイバを介して伝送される。受信器は、波長分割多重光を個々のキャリアに分波し、個々のキャリアを検波する。このように、通信システムは、光ファイバを介して比較的大量のデータを転送することができる。

【0003】従って、波長分割多重光を正確に分波することができるという受信器の能力は、通信システムの性能に大きく影響する。例えば、多くのキャリアは、波長分割多重光に合波される場合であっても、受信器が正確に波長分割多重光を分波できないのであれば、波長分割多重光を伝送すべきではない。従って、受信器は、高精度の波長分波器を備えることが望まれる。

【0004】図1は、波長分波器として使用する多層干渉膜を用いた従来のフィルタを示す図である。図1によれば、多層干渉膜20は、透明の基板22によって形成される。平行光である光24は、多層干渉膜20に入射し、多層干渉膜20内部で繰り返して反射される。多層干渉膜20の特性によって決定される光学的条件によって、波長 λ_2 の光26のみが透過できる。光学的条件を満たさない全ての光を含む光28は、多層干渉膜20を透過せず、反射される。このように、図1に示されるようなフィルタは、異なる波長の2つのキャリアのみを含む波長分割多重光を分波するのに適している。しかし、このようなフィルタ自身は、2より多い数のキャリアを有する波長分割多重光を分離することはできない。

【0005】図2は、波長分波器として使用される従来のファブリーペロー干渉計を示す図である。図2によれば、高反射率の反射膜30と32は互いに平行である。平行光である光34は、反射膜30に入射し、反射膜30と32の間で多数回反射される。ファブリーペロー干渉計の特性によって決定される透過条件に合致する波長 λ_2 の光36は、反射膜32を透過する。透過条件に合致しない波長 λ_1 の光38は、反射される。このように、2つの異なる波長を有する光は、2つの異なる波長にそれぞれ対応する2つの異なる光に分波される。このように、図1に示したフィルタのように、従来のファブリーペロー干渉計は、異なる波長、 λ_1 と λ_2 の2つのキャリアのみを含む波長分割多重光を分波するのに有用である。しかし、このようなファブリーペロー干渉計は2つより多いキャリアを有する波長分割多重光を分離することはできない。

【0006】図3は、波長分波器として使用される従来のマイケルソン干渉計を示した図である。図3によれば、平行光40は、ハーフミラー42に入射し、互いに直交する第1の光44と第2の光46に分波される。反射ミラー48は、第1の光44を反射し、反射ミラー48は、第2の光46を反射する。ハーフミラー42と反射ミラー48間の距離及び、ハーフミラー42と反射ミラー50間の距離は光路差を示す。反射ミラー48によって反射される光は、ハーフミラー42へ返送され、反

射ミラー50によって反射されてハーフミラー42に返送された光と干渉する。結果として、それぞれ波長 λ_1 と λ_2 の光52と54は互いに分離される。図1のフィルタや図2のファブリーペロー干渉計のように、図3のマイケルソン干渉計は、異なる波長 λ_1 と λ_2 の2つのキャリアのみを含む波長分割多重光を分波するのに有用である。しかし、このようなマイケルソン干渉計は2より多くのキャリアを含む波長分割多重光を分波することはできない。

【0007】数個のフィルタ、ファブリーペロー干渉計やマイケルソン干渉計を組み合わせ、大きな配列とし、更なる波長キャリアを1つの波長分割多重光から分波することは可能である。しかし、このような配列は高価であり、有効ではなく、不必要なほど大きな受信器を構成してしまう。

【0008】回折格子あるいは、導波路型アレイ格子は、2以上の波長キャリアからなる波長分割多重光を分波するのにしばしば使用される。図4は、波長分割多重光を分波するための従来の回折格子を示す図である。図4によれば、回折格子56は、凹凸面58を有している。複数の異なる波長キャリアを有する平行光60は、凹凸面58に入射する。個々の波長キャリアは反射され、格子の異なるステップから反射された光と干渉する。結果として、異なる波長を有するキャリア62、64、及び66は、回折格子56から異なる角度で出力され、互いに分離される。

【0009】しかし、回折格子は、比較的小さな角度差をもって、異なる波長キャリアを出力する。従って、回折格子によって生成される角度分散は非常に小さくなる。結果として、受信器が回折格子によって分波されるさまざまなキャリア信号を正確に受信することは困難となる。この問題は、比較的接近した波長の大量のキャリアを有する波長分割多重光を分波する回折格子に特に生じる。

【0010】更に、回折格子は、入射光の光偏波に影響される。従って、入射光の偏波は回折格子の性能に影響を与える。また、回折格子の凹凸面は、正確な回折格子を生成するために複雑な製造処理を必要とする。

【0011】図5は、波長分割多重光を分波する従来の導波路型アレイ格子を示す図である。図5によれば、複数の異なる波長キャリアからなる光は、入射口68を介して受光され、多数の導波路70を介して分岐される。光出射口72は、個々の導波路70の端にあり、出力光74を生成する。導波路70は、互いに長さが異なり、異なる長さの光路を提供する。従って、導波路70を通過する光は互いに異なる光路長を有し、互いに干渉して、出射口72を介して、異なる波長に対し異なる方向に出力74を形成する。

【0012】導波路型アレイ格子においては、角度分散は導波路を適切に構成することによってある程度調整で

きる。しかし、導波路型アレイ格子は、温度変化や他の環境因子によって影響される。従って、温度変化や環境因子は、性能を適切に調整するのを難しくする。

【0013】従って、本発明の課題は、簡単な構成で、波長多重光から複数のキャリアを同時に分離することのできる波長分波器を提供することである。本発明の他の課題は、分離されたキャリアを比較的大きな角度分散で分散し、環境条件の変化に強い波長分波器を提供することである。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明の課題は、波長の連続範囲にあるそれぞれの波長の入力光を受光する装置を提供することによって達成される。装置は、第1の面と第2の面を有する角度分散装置を含む。第2の面は、入射する光の一部を透過するような反射率を有している。第1及び第2の面は、入力光を、第2の面から複数の光が透過されるように第1と第2の面間で複数回反射させるように配置されている。複数の透過光は互いに干渉し、波長の連続範囲の他のいかなる波長の入力光に対して生成された出力光とも空間的に区別可能な出力光を生成する。スペーサ部材は、第1と第2の面の配置が一定となるように相対位置を維持し、好ましくは、略0の熱膨張係数を有する。略0の熱膨張係数を得るためには、スペーサ部材の熱膨張係数の大きさは、好ましくは、 $10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ 以下である。さらに、好ましくは、スペーサ部材の熱膨張係数の大きさは、 $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下である。

【0015】

【発明の実施の形態】添付の図に例が記載されている本発明の実施形態を詳細に説明する。これらの図において、同様の参照符号は同様の構成要素を参照する。

【0016】図6は、本発明の一実施形態に従った、バーチャリ・イメージド・フェーズド・アレイ(VIPA)を示す図である。更に、以下、「波長分波器」、「バーチャリ・イメージド・フェーズド・アレイ」と「VIPA」は、相互に交代して本発明の様々な実施形態を記述するのに使用される。

【0017】図6によれば、VIPA76は、好ましくはガラスの薄い板から作られる。入力光77は、半円筒レンズのような、レンズ80によって線78に集光され、入力光77は、VIPA76内に進む。線78は、以下、「焦点線」と呼ぶ。入力光77は、VIPA内で焦点線78から放射状に伝搬する。VIPA76は、コリメート光である、光束82を出力する。ここで、光束82の出力角度は入力光77の波長が変化するに伴って変化する。例えば、入力光77が波長 λ_1 である場合、VIPA76は、波長 λ_1 の光束82aを特定の方向に出力する。入力光77が波長 λ_2 である場合、VIPA76は、波長 λ_2 の光束82bを異なる方向に出力する。従って、VIPA76は互いに空間的に区別可能な

光束82a及び82bを生成する。入力光77は、波長 λ_1 と λ_2 の両方を含み、VIPA76は、同時に、光束82aと82bを出力する。

【0018】図7は、本発明の一実施形態に従った、VIPA76を示す詳細図である。図7によれば、VIPA76は、例えば、ガラスでできており、反射膜122と124を有する板120を備えている。反射膜122は、好ましくは略95%以上100%未満の反射率を有している。反射膜124は好ましくは略100%の反射率を有している。照射窓126は、板120上に形成され、好ましくは略0%の反射率を有している。

【0019】入力光77は、照射窓を介してレンズ80によって焦点線78に集光され、反射膜122と124間で多重反射を起こす。焦点線78は、好ましくは、反射膜122が形成されている板120の面にある。従って、焦点線78は、本質的に、照射窓126を介して、反射膜122上に集光される線である。焦点線78の幅は、レンズ80によって集光された場合の入力光77の「ビームウエスト」と呼ぶ。図7に示されたような、本発明の実施形態は、板120の遠い方の面(すなわち、反射膜122を有する面)上に入力光77のビームウエストを集光する。ビームウエストを板120の遠い面上に集光することによって、本発明の本実施形態では、

(i) 照射窓126を介して進む入力光77の領域(例えば、図10に示される領域「a」、以下により詳細に説明する)と、(ii) 入力光77が反射膜124によって初めて反射されるとき、反射膜124上の光の領域(例えば、図10に示される領域「b」、以下により詳細に説明する)間の重なる可能性を小さくする。そのような重なりは、VIPAの適切な動作を確保するために、小さくすることが望ましい。

【0020】図7において、入力光77の光軸132は、小さな傾き角 θ_0 を有している。反射膜122の反射率が95%であるとする、反射膜122の第1回目の反射の際に、光の5%が反射膜122を透過し、ビームウエストの後拡散し、光の95%が反射膜124に向かって反射される。反射膜124によって1回反射された後、光は、再び反射膜122に当たるが、量dだけずれている。そして、光の5%が反射膜122を透過する。同様にして、図7に示されるように、光は、一定の間隔dで多くのパスに分岐される。各パスに対しビーム形が形成され、光は、ビームウエストの虚像134から拡散する。虚像134は、板120の垂線に沿って、一定の間隔2tで配置される。ここで、tは、板120の厚さである。虚像134におけるビームウエストの位置は、自動的に配列され、個々の位置を調整する必要はない。虚像134から拡散する光は、互いに干渉し、入力光77の波長に従って変化する方向に伝搬するコリメート光136を形成する。

【0021】光路の間隔は、 $d = 2t \sin \theta_0$ であ

り、隣り合ったビームの光路長の差は、 $2t \cos \theta_0$ である。角度分散は、これら2つの数の比、 $\cos \theta_0$ 、に比例している。結果として、VIPAはかなり大きな角度分散を生成する。

【0022】図7から容易に分かるように、「バーチャリ・イメージド・フェーズド・アレイ」という語句は、虚像134の配列の形成から来ている。図8は、本発明の実施形態に従った図6に記載のVIPA76の線VII-VIIに沿った断面を示す図である。図8によれば、板120は、反射面122と124を有している。反射面122と124は、互いに平行で、板120の厚さ t によって隔てられている。反射面122と124は、典型的には、板120に設けられた反射膜である。前述したように、反射面124は、照射窓126を除いて略100%の反射率を有しており、反射面122は、略95%以上の反射率を有している。従って、反射面122は、略5%以下の透過率を有しており、反射面122に入射する略5%以下の光が透過され、略95%以上の光が反射される。反射面122と124の反射率は、VIPAの特別な適用に応じて、容易に変えることができる。しかし、一般に、反射面122は100%未満の反射率を持っていないとせず、入射光を透過させなければならない。

【0023】反射面124は、照射窓126を持っている。照射窓126は、光を通過させ、好ましくは全く反射が無い、非常に低い反射率をもっている。照射窓126は、入力光77を受光し、入力光77を反射面122と124の間で受光し、反射させる。

【0024】図8は、図6の線VII-VIIに沿った断面を示している。図6の焦点線78は、図8においては、「点」として現れている。入力光77は、焦点線78から放射状に伝搬する。更に、図8に示されるように、焦点線78は、反射面122上に位置している。焦点線78は、反射面122上にあることは必要でないが、焦点線78の位置の移動は、VIPA76の特性に小さな変化をもたらす。

【0025】図8に示されるように、入力光77は、照射窓126の領域A0を通過して、板120内に入る。ここで、点P0は、領域A0の周辺点を示している。反射面122の反射率のために、入力光77の略95%以上が反射面122によって反射され、反射面124の領域A1に入射する。点P1は、領域A1の周辺点を示している。反射面124上の領域A1から反射すると、入力光77は、反射面122へ進み、光線R1によって規定される出力光Out1として、反射面122を介して部分的に透過される。このように、図8に示されるように、入力光77は、反射面122と124の間で多重反射を経験する。ここで、反射面122からの各反射は、透過されるそれぞれの出力光となる。従って、例えば、入力光77は、領域A2、A3及びA4から反射し、出

力光Out2、Out3、及びOut4を生成する。点P2は、領域A2の周辺点を示し、点P3は、領域A3の周辺点を示し、点P4は領域A4の周辺点を示す。出力光Out2は、光線R2によって規定され、出力光Out3は、光線R3によって規定され、出力光Out4は光線R4によって規定される。図8は、出力光Out0、Out1、Out2、Out3、及びOut4のみを記載しているが、入力光77の強度と反射面122と124の反射率に依存して、実際にはもっと多くの出力光が存在する。より詳しく述べるように、出力光は、互いに干渉し、入力光77の波長に従って変化する方向を有する光束を生成する。

【0026】図9は、本発明の実施形態に従った、VIPAによって生成される干渉を示す図である。図9によれば、焦点線78から進む光は、反射面124によって反射される。前述したように、反射面124は、略100%の反射率を持っており、従って、本質的にミラーとして機能する。結果として、出力光Out1は、反射面122と124が無く、焦点線I₁から放射されているように光学的に考えることができる。同様に、出力光Out2、Out3、及びOut4は、これらが、焦点線I₂、I₃、及びI₄からそれぞれ放射されているように光学的に考えることができる。I₂、I₃、及びI₄は、焦点線I₀の虚像である。

【0027】従って、図9に示されるように、焦点線I₁は、焦点線I₀から距離 $2t$ のところにある。ここで、 t は、反射面122と124の間の距離に等しい。同様に、それぞれの以降の焦点線は、すぐ前の焦点線から距離 $2t$ のところにある。従って、焦点線I₂は、焦点線I₁から距離 $2t$ のところにある。更に、反射面122と124の間の各後続の多重反射は、それより前の出力光より強度の弱い出力光を生成する。従って、出力光Out2は、出力光Out1よりも強度が弱い。

【0028】図9に示されるように、焦点線からの出力光は、互いに重なり、干渉する。この干渉は、入力光77の波長に依存して特定の方向に進む光束を生成する。本発明の上記実施形態に従ったVIPAは、VIPAの設計上の特徴である強め合いの条件を有している。強め合いの条件は、出力光の干渉を増し、光束を形成させる。VIPAの強め合いの条件は、以下の式(1)によって表される。

$$【0029】2t \times \cos \theta = m \lambda$$

ここで、 θ は、反射面122と124の面に垂直な線から測った、形成された光束の伝搬方向である。 λ は、入力光の波長、 t は、反射面122と124間の距離、 m は、整数を表す。

【0030】従って、 t が一定で、 m に特定の値が与えられたならば、波長 λ を有する入力光に対して生成される光束の伝搬方向 θ が決定される。更には、入力光77は、焦点線78から特定の角度で、放射状に拡散する。

従って、同じ波長を有する入力光は、焦点線78から多数の異なる方向に進み、反射面122と124の間で反射される。VIPAの強め合いの条件は、特定の方向に進む光が出力光と干渉によって強め合い、入力光の波長に対応した方向に光束を形成する。強め合いの条件によって要求される特定の方向以外の異なる方向に進む光は、出力光の干渉によって弱められる。

【0031】図10は、本発明の一実施形態に従った、図6のVIPAの線VIII-VIIIに沿った断面図であり、入力光の入射角、あるいは傾き角を決定するためのVIPAの特性を示す。

【0032】図10によれば、入力光77は、円筒レンズ（不図示）によって集光され、焦点線78に収束される。図10に示されるように、入力光77は、照射窓126の「a」に等しい幅を有する領域を覆う。入力光77が反射面122によって一回反射された後、入力光77は、反射膜124に入射し、反射面124の「b」に等しい幅の領域を覆う。更に、図10に示されているように、入力光77は、反射面122の垂線に対して傾き角 θ_0 傾いた光軸132に沿って進む。

【0033】傾き角 θ_0 は、反射面122によて1回反射された後、照射窓126から入力光77が外に出ないように設定されるべきである。言い換えれば、傾き角 θ_0 は、入力光77が反射面122と124の間に「捕まえられる」、照射窓126から逃げないように設定されるべきである。従って、入力光77が照射窓126から逃げないように、傾き角 θ_0 は、以下の式(2)に従って、設定されるべきである。

【0034】光軸の傾き $\theta_0 \geq (a+b)/4t$
($a+b$)の項は、 $a=b$ のとき最小となる。これは、焦点線78が、反射面122上に配置されている状況を示している。

【0035】従って、図6～10に示されるように、本発明の実施形態は、波長の連続範囲内の各波長を有する入力光を受光するVIPAを備える。VIPAは、入力光の多重反射を起こさせ、自己干渉を生じさせ、出力光を生成する。出力光は波長の連続範囲内の他のいかなる波長を有する入力光に対して生成された出力光とも空間的に区別可能である。例えば、図8は、反射面122と124の間で多重反射を経験する入力光77を示している。この多重反射は、互いに干渉する複数の出力光Out0、Out1、Out2、Out3、及びOut4を生成し、入力光77の各波長に対し空間的に区別可能な光束を生成する。

【0036】「自己干渉」は、同じ光源からの複数の光、あるいはビームが起こす干渉を示している語句である。従って、出力光Out0、Out1、Out2、Out3、及びOut4の干渉は、入力光77の自己干渉と呼ぶ。というのも、出力光Out0、Out1、Out2、Out3、及びOut4は、全て同じ光源（すな

わち、入力光77）から来たものであるからである。

【0037】本発明の上記実施形態によれば、入力光は、波長の連続範囲のいかなる波長であっても良い。従って、入力光は、離散的な値の範囲から選択された値を持つ波長に限定されるものではない。

【0038】更に、本発明の上記実施形態に従えば、波長の連続範囲内の特定の波長の入力光に対して生成される出力光は、入力光が波長の連続範囲内の異なる波長であった場合に生成される出力光と空間的に区別可能である。従って、例えば、図6に示されているように、光束82の進行方向（すなわち、「空間的特性」）は、入力光77が波長の連続範囲内の異なる波長である場合に、異なる。更に、例えば、図6によると、入力光77が3つの波長 λ_1 、 λ_2 、及び λ_3 のすべてを含んでいる場合、光束82a、82b、及び82cは、同時に生成され、それぞれが異なる方向に進む。

【0039】本発明の上記実施形態によれば、焦点線は、入力光が入射する平行板の反対面にあるように記載されている。しかし、例えば、焦点線は、照射窓の面上あるいは、照射窓の手前の平行板内であっても良い。

【0040】本発明の上記実施形態によれば、2つの反射膜が光を反射し、1つの反射膜は、略100%の反射率を持っている。しかし、それぞれが100%未満の反射率を有する2つの反射膜を使っても同様の効果が得られる。例えば、両反射膜は、95%の反射率を有していても良い。この場合、それぞれの反射膜は、光を透過させ、干渉を起こさせる。結果として、波長に依存した方向に進む光束は、反射膜が形成されている平行板の両側に形成される。従って、本発明の様々な実施形態の様々な反射率は、VIPAの要求される特性に従って容易に変更可能である。

【0041】本発明の上記実施形態によれば、導波路は、平行板によって、あるいは、互いに平行な2つの反射面によって形成されると記載されている。しかし、板、あるいは、反射面は必ずしも平行である必要はない。

【0042】本発明の上記実施形態によれば、VIPAは、多重反射を利用し、干渉光間の位相差を一定に保つようにしている。結果として、VIPAの特性は安定で、偏波による光学的特性変化を抑制している。これに対し、従来の回折格子の光学的特性は、入力光の偏波に依存して望ましくない変化を受ける。

【0043】本発明の上記実施形態は、互いに「空間的に区別可能」な光束を提供するものとして記載されている。「空間的に区別可能」とは、光束が空間において区別可能であることを意味する。例えば、コリメートされ、異なる方向に進む、あるいは、異なる位置に収束されるならば、様々な光束は空間的に区別可能である。しかし、本発明は、これらの詳細な例に限定しようとするものではなく、光束を互いに空間的に区別可能とする他

の方法も存在する。

【0044】図11は、本発明の実施形態に従った、受信器と共に使用されるVIPAを示した図である。図11によれば、多層反射膜96と98が、例えば、 $100\mu\text{m}$ の厚さを有するガラスでできた平行板100の両側に形成されている。平行板100は、 $20\sim 2000\mu\text{m}$ の範囲の厚さを有していることが好ましい。反射膜96と98は、好ましくは、多層、高反射率干渉膜である。

【0045】反射膜98の反射率は、略100%であり、反射膜96の反射率は、略95%である。しかし、反射膜96の反射率は95%に限られず、反射膜96と98の間で多重反射を起こさせるような十分な光が反射膜96から反射される限りは、異なる値であっても良い。好ましくは、反射膜96の反射率は、80%~100%より数%少ない範囲にある。更に、反射膜98の反射率は、100%に限られず、反射膜96と98の間で多重反射を起こさせるに十分であればよい。

【0046】照射窓102は、入力光を受光し、平行板100の反射膜96と同じ面に位置している。照射窓102は、平行板100の面の略0%の反射率を有する膜で形成することが可能である。図11に示されるように、照射窓102と反射膜96の境界は、好ましくは、直線である。

【0047】入力光は、例えば、光ファイバ（不図示）から出力され、コリメートレンズ106によって受光される。コリメートレンズ106は、入力光を円筒レンズ108によって受光される平行ビーム104に変換する。円筒レンズ108は、平行ビーム104を照射窓102上の焦点線110に集光する。焦点線110は、反射膜96と照射窓102間の直線境界に近く、平行に位置している。このように、入力光は、平行板100に照射窓102を介して入る。

【0048】入力光102の光軸は、反射膜96の垂線に対し、傾き角だけ傾いており、入力光が、平行板100に入った後、照射窓102から逃げないようにしている。従って、傾き角は、上記式(2)に従って設定されるべきである。

【0049】一度平行板100に入ると、入力光は、反射膜96と98の間で多重反射を起こす（例えば、図8に示されるように）。入力光が反射膜96に入射する度に、略95%の光が反射膜98に向かって反射され、略5%の光が反射膜96を透過して、出力光（例えば、図8に示される出力光Out1のような）を形成する。反射膜96と98の間の多重反射は、複数の出力光を形成する。複数の出力光は、互いに干渉し、入力光の波長に依存する伝搬方向を有する光束112を形成する。

【0050】光束112は、レンズ114によって集光され、光束112を集光点に収束させる。集光点は、入力光の異なる波長に対し、直線パス116に沿って移動

する。例えば、入力光の波長が増加するに従い、集光点は、直線パス116に沿って遠くへ移動する。複数の受信器118は、直線パス116上に配置され、収束された光束112を受光する。従って、各受信器118は、特定の波長に対応した光束を受光するように配置される。

【0051】VIPAの反射膜あるいは反射面の間の距離を制御することにより、反射膜あるいは反射面間で反射される光の位相差を所定量だけシフトすることができる。従って、非常に良い耐環境性を実現することができる。更に、本発明の上記実施形態は、光偏波に依存した光学的特性の変化をわずかし受けけない。

【0052】図12は、本発明の他の実施形態に従った、受信器と共に使用するVIPAを示す図である。図12に示されたVIPAは、図11に示されたVIPAとは同様であるが、反射膜96と98の反射率が逆になっている点異なる。更には、図12に示されたVIPAにおいては、反射膜98は、略95%の反射率を有し、反射膜96は、略100%の反射率を有している。図12に示されるように、光束112は、反射膜98を介して進む出力光の干渉を介して形成される。従って、入力光は、平行板100の一方から入り、光束112が平行板100の他方に形成される。それ以外は、図12に示されるVIPAは、図11に示されるVIPAと同様に動作する。

【0053】図13は、本発明の一実施形態に従った、導波路型VIPAを示す図である。図13によれば、光138は、光ファイバ（不図示）から出力され、基板142に設けられた導波路140によって受光される。導波路140は、例えば、ニオブ酸リチウムである。光138は、異なる波長を有する複数のキャリアに変調がかけられた光信号を含む。

【0054】光138は、典型的には、光ファイバから出力されると、幅が拡散する。従って、コリメートレンズ142は、光138を平行光に変換する。平行光は、それから、円筒レンズ144によって集光され、焦点線に収束される。光は、照射窓150を介して、焦点線146からVIPA148内へ放射される。

【0055】VIPA148は、平行板156上の反射膜152と154を含む。反射膜154は、平行板156の一方の側にあり、反射膜152と照射窓150は、平行板156の他方の側にある。反射膜152は、略100%の反射率を有し、反射膜154は、100%未満の反射率を有している。平行板156によって反射された光の光束158は、平行板156の照射窓150と反対の側に出力される。

【0056】入力光138が複数の波長を含んでいる場合には、入力光138の波長に依存した異なる方向に進む複数の光束158が形成される。VIPA148によって形成される光束158は、光束158の伝搬方向に

依存して、異なる点にレンズ160によって収束される。従って、図13に示したように、波長 λ_1 、 λ_2 、及び、 λ_3 を有する光束158a、158b及び158cは、それぞれ、異なる集光点に形成される。

【0057】複数の受光導波路162は、集光点に設けられる。各受光導波路162は、光信号と1つの波長を有する対応するキャリアを導く。従って、複数の光束は、同時に受光され、様々なチャネルを介して送信される。各受光導波路162は、後段に設けられた対応する受光器（不図示）を有している。受光器は、典型的には、光ダイオードである。従って、各受光導波路162によって導かれる光は、対応する受光器によって検波された後、処理される。

【0058】VIPAを製造する時には、反射面は正確に、平行な位置に保持されなくてはならず、面間の実効距離（これは、光学距離、あるいは、媒体の屈折率をかけた物理的距離）は、正確に調整されなければならない。

【0059】従って、図14は、本発明の更なる実施形態に従った、VIPAを示す図である。図14によれば、スペーサ部材200は、好ましくは、熱膨張係数が略0の物質で形成され、反射膜122と124を互いに平行に特定の距離はなして保持する。略0の熱膨張係数を得るためには、たとえば、スペーサ部材200の熱膨張係数の大きさは、好ましくは、 $10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ 以下である。さらに好ましくは、スペーサ部材200の熱膨張係数の大きさは、 $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ である。スペーサ部材200として使用可能なこれらの性質を有する適した材質は、アメリカ合衆国、ニューヨーク、CorningのCorning社製、Vycor（登録商標）及びULE（登録商標）ガラス、及び、アメリカ合衆国、ペンシルベニア、DuryeaのSchott Glass Technologies社製のZerodur（登録商標）ガラスである。これらの材質は、それぞれ、 $7.5 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 、 $<3.0 \times 10^{-8}/^{\circ}\text{C}$ 及び $<1.0 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ の熱膨張係数を持っていると思われる。しかし、スペーサ部材200は、ガラス材質によて作られることに限定するものではなく、要求される熱膨張係数を有する他の材質でもよい。

【0060】このように、間隙の距離は、温度変化に従って変化しない。図14において、VIPA76は、反射膜122と124が形成された、透明ブロック202と204を有するように示されている。透明ブロック202と204は、「ブロック」の形に限定されるものではなく、いかなる適した形状も許される。

【0061】スペーサ部材200は、透明ブロック202と204に接する。スペーサ部材200は、特定の形状に限定するものではない。好ましくは、スペーサ部材200を透明ブロック202と204に固定するために接着剤を使用しない。というのも、一般には、接着剤は、対応する熱膨張を示すからである。

【0062】実際上はスペーサ部材200はいくつ用いても良く、本発明は、スペーサ部材を特定の数に限定するものではない。更に、間隙長調整部材206が、反射膜122と124の間に挿入されている。好ましくは、間隙長調整部材206は、透明な材質で作られた薄い板である。例えば、間隙長調整部材206が無熱ガラス（athermal glass）で作られている場合は、透過光の光学位相は、温度変化によって変化しない。反射膜122と124の間隙内の光学的距離は、間隙長調整部材206を傾ける事により正確に調整することができる。

【0063】典型的な応用としては、反射膜122と124の間の物質は、単に「空気」である。更に、間隙長調整部材206は、好ましくは、空気や、反射膜122と124間のそのような他の物質とは、異なる屈折率を有している。結果として、反射膜122と124間の光学的距離は、間隙長調整部材206を移動（例えば、傾けるとか回転するとか）することにより、変えることができる。従って、間隙長調整部材206を調整することにより、反射膜122と124間の光学的距離を調整することができる。

【0064】間隙長調整部材206は、好ましくは、両面で反射が生じないように、両面に反射防止膜を有する薄板である。従って、1つの反射膜122あるいは124から、反射膜間の空気あるいは他の物質を介し、間隙長調整部材206を介する、他の反射膜までの光学的距離は、間隙長調整部材206の全体の長さに沿って同じとなる。しかし、反射膜122と124の間の光学的距離は、間隙長調整部材206の角度を変えることにより調整することができる。

【0065】間隙長調整部材206は、製造後VIPA76内に置かれ、適所に保持される。保持機構によって、間隙長調整部材206が適当に移動し、回転し、あるいは傾き、要求される効果が得られるのであれば、間隙長調整部材206を保持するのに使用される保持機構は、様々な異なる種類のものが可能である。例えば、金属の棒（不図示）を、間隙長調整部材206を適当な位置に保持するのに使用可能である。

【0066】更に、間隙長調整部材206を通る光学的距離は、温度変化しないものである必要がある。無熱ガラスは、温度変化せず、間隙長調整部材206として使用可能である。しかし、他の物質も使用可能であり、本発明は、無熱ガラスに限定するものではない。

【0067】間隙長調整部材206は、VIPAに使用することに限定されるものではない。従って、間隙長調整部材206は、例えば、ファブリーペロー干渉計のような他の光学素子に使用することも可能である。

【0068】図14においては、透明ブロック202と204には、反射膜122と124が形成されている。従って、透明ブロック202と204は、VIPA76

の一部であり、スペーサ部材 200 と透明ブロック 202 と 204 は接している。しかし、透明ブロック 202 と 204 は、特定の応用に置いては必要ではなく、本発明は、このような透明部材の使用に限定するものではない。更に、スペーサ部材 200 は、反射膜 122 と 124 と接するように位置させることも可能である。

【0069】例えば、図 15 は、本発明の実施形態に従う、反射膜 122 と 124 に接するスペーサ部材 200 を有する VIPA を示す図である。本発明の上記実施形態は、色分散を生成し、補償する VIPA を使用する装置と共に使用することが可能である。

【0070】例えば、図 16 は、本発明の実施形態に従う、色分散を生成、補償し、間隙長調整部材を有する VIPA を使用した装置の平面図である。図 16 によれば、コリメートレンズ 322a と半円筒レンズ 324a は、入力ファイバ 316 と VIPA 240 の間に位置されている。入力光は、入力ファイバ 316 から進み、コリメートレンズ 322a によってコリメート光に生成される。このコリメート光は、半円筒レンズ 324a によって、VIPA の照射窓内の線に収束される。VIPA 240 によって形成される光束は、収束レンズ 252 に進み、ミラー 254 上に収束され、ミラー 254 によって反射される。図 16 において、収束レンズ 252 は、「通常」の収束レンズである。ここで、「通常」の収束レンズは、収束レンズの上面と側面から見た場合に光を収束し、上面と側面で同じ焦点距離を有している収束レンズのことを意味する。

【0071】コリメートレンズ 322b と半円筒レンズ 324b は、出力ファイバ 318 と VIPA 240 との間に位置する。ミラー 254 によって反射され、VIPA 240 に返送される光は、VIPA 240 内で多重反射し、VIPA 240 の照射窓から出力される。VIPA 240 からのこの出力光は、半円筒レンズ 324b とコリメートレンズ 322b に進み、出力ファイバ 318 に収束される。

【0072】図 16 に示されるように、ミラー 254 上に収束される光は、上面から見てミラー 254 に垂直ではない。これは、収束レンズ 252 が、VIPA 240 によって生成される光束を、上面から見て収束レンズ 252 の中央を通過しないように配置されているからである。同様に、ミラー 254 によって反射される光は、収束レンズ 252 の中央を通過しない。好ましくは、収束レンズ 252 のレンズ中心は、VIPA 240 によって生成される光束のビーム中心、及び、ミラー 254 によって反射される光のビーム中心から、上面から見てビームの太さの半分だけずらされている。結果として、収束レンズ 252 は、光をミラー 254 上の収束レンズ 252 のレンズ軸を伸ばした位置に収束させる。更に、VIPA 240 から収束レンズ 252 に進む光 328 は、いずれの波長に対しても、収束レンズ 252 から VIPA

240 に進む光 330 と平行である。

【0073】図 16 に示された装置によれば、入力ファイバ 316 からの入力光は、出力ファイバ 318 によって受光される出力光とは異なる空間を進む。従って、出力光は、入力ファイバとは異なるファイバに結合することができる。更に、VIPA 240 の照射窓に受光される入力光が、上面において、VIPA 240 に対して、垂直な方向に進むので、装置は、比較的高い性能を有している。

【0074】図 16 に示された装置においては、出力ファイバ 318 によって受光される光は、入力ファイバ 316 からの入力光に対して、色分散が与えられる。従って、図 16 の装置は、色分散を生成、補償するために使用することができる。

【0075】間隙長調整部材 206 は、VIPA 240 内にある。好ましくは、図 16 に示すように、入力ビームと出力ビームに対してそれぞれ間隙長調整部材 206 を設け、VIPA 240 の反射面間の光学的距離を入力ビームと出力ビームに対して独立に調整できるようにする。しかし、1つの間隙長調整部材でもよい。そのような 1つの間隙長調整部材は、入力及び出力ビームの一方のみ、あるいは、ビームの両方に影響を及ぼすように設計することが可能である。更に、VIPA 240 の反射面間の物質は、間隙長調整部材 206 を中に保持する空気であっても良い。

【0076】図 16 は、2つの半円筒レンズ 324a と 324b を示しているが、1つの半円筒レンズでも良い。例えば、図 17 は、本発明の実施形態に従う、複数の半円筒レンズ 324a と 324b の代わりに、1つの半円筒レンズ 324 を示す図である。

【0077】一般に、半円筒レンズは、光を上面あるいは側面から見た場合に光を収束し、他の面から見た場合は、収束作用を有しないレンズである。半円筒レンズは周知である。

【0078】更に、本発明は、コリメートレンズ、半円筒レンズ、そして／あるいは、他のいかなる特定の種類のレンズの使用に限定するものではない。むしろ、適切な効果が得られるのであれば、多くの他のレンズや装置を使うことができる。

【0079】従って、図示された本発明の実施形態に従った、例えば、図 16 や 17 の装置は、入力光を受光し、VIPA から伝搬する対応する出力光を生成する VIPA を含んでいる。ミラーのような、光返送装置は、VIPA から出力光を受光し、VIPA に出力光を返送する。(a) VIPA からレンズに進み、レンズによって光返送装置に収束されることによって、出力光が VIPA から光返送装置に進むように、(b) 光返送装置からレンズ、そして、レンズによって VIPA に向けられることによって、出力光が光返送装置から VIPA に返送されるように、(c) VIPA からレンズに進む出力

光が上面において、VIP A に対して垂直であり、レンズから VIP A に進む返送出力光が、上面に置いて VIP A に対して垂直であるように、レンズが配置されている。更に、間隙長調整部材は、VIP A 内に設けられており、光返送装置へ進む光と光返送装置から VIP A に返送される光の両方あるいは一方に対して、VIP A の反射面間の光学的距離を変化させる。

【0080】図16と17のVIP A 240は、例えば、図14のスペーサ部材のようなスペーサ部材も含んでいる。本発明の上記実施形態によれば、VIP A は、平行板あるいは、2つの互いに平行な反射面によって形成されていると記載されている。しかし、板、あるいは、反射面は必ずしも平行でなくても良い。

【0081】本発明の上記実施形態によれば、複数の波長を含む光を同時に分岐することができる。従って、波長多重通信に使用する受信器の大きさを小さくすることができる。

【0082】本発明の上記実施形態においては、VIP A は、入力光の各波長に対して、波長多重光を同時に分波できる。更に、分散の角度は、VIP A を形成する平行板の厚さによって調整することができる。結果として、分散の角度は、受光器が、各分岐信号を容易に受光することができるほど十分大きくすることができる。例えば、従来の回折格子では、大きな分散角度のために細かい凹凸面が必要である。しかし、細かく、精緻な凹凸面を用意することは非常に難しく、分散角度の大きさを限定している。これに対し、本発明の上記実施形態に従うVIP A は、比較的大きな分散角度を実現するために、平行板の厚さを変化させることが必要である。

【0083】更に、本発明の上記実施形態に従うVIP A は、従来の回折格子よりも大きな分散角度を生成する。従って、本発明の上記実施形態に従うVIP A を使用する受信器は、高レベルの多重処理を実現する波長多重通信においても、間違いなく、光信号を正確に受光することができる。更に、そのような受信器は、比較的簡単な構成を有しており、比較的製造するのに安価である。

【0084】本発明の上記実施形態に従えば、VIP A は、多重反射を利用し、干渉光間の位相差を一定に保っている。結果として、VIP A の特性は安定で、偏波による光学的特性の変化を抑制する。これに対し、従来の回折格子の光学的特性は、入力光の偏波に依存して不要な変化を受ける。

【0085】更に、導波路型アレイ格子と比較して、本発明の上記実施形態に従うVIP A は、比較的簡単な構成で、安定な光学的特性と環境条件の変化に対する耐性を達成する。

【0086】本発明の上記実施形態においては、VIP A は、光を反射するために反射膜を有している。例えば、図7は、光を反射するために反射膜122と124

を有したVIP A を示している。しかし、VIP A を反射面を設けるために、「膜」の使用に限定するものではない。むしろ、VIP A は、単に、適切な反射面を有しているべきであって、これらの反射面は、「膜」によって形成しても、しなくても良い。

【0087】更に、本発明の上記実施形態においては、VIP A は、多重反射が起きる透明ガラス板を含む。例えば、図7は、反射膜を有する透明ガラス板120を有するVIP A 76を示している。しかし、VIP A を、反射面を分離するために、ガラス物質や、いかなる種類の「板」に限定するものではない。むしろ、反射面は、単に、互いに分離されているべきである。例えば、VIP A の反射面は、低い熱膨張のガラスや金属などの物質によって、反射面を安定して保持すれば、ガラス板の代わりに単に「空気」を有していても良い。従って、反射面は、例えば、光学ガラスや空気などの透明物質を有するように、記載しても良い。

【0088】本発明の上記実施形態に従うVIP A は、波長分波器として限定される。例えば、VIP A は、1997年2月7日出願の、発明の名称「OPTICAL APPARATUS WHICH USES A VIRTUALLY IMAGED PHASED ARRAY TO PRODUCE CHROMATIC DISPERSION」のアメリカ出願08/796, 842及び、1997年8月13日出願の、発明の名称「OPTICAL APPARATUS WHICH USES A VIRTUALLY IMAGED PHASED ARRAY TO PRODUCE CHROMATIC DISPERSION」のアメリカ出願08/910, 251に開示されているように、色分散を補償し、あるいは、生成するためにVIP A を使用する事ができる。

【0089】本発明の好適実施形態をいくつか示し、記載したが、当業者によれば、発明の原理や精神から離れる事無く、これらの実施形態に変形を加え得ることが理解されるであろう。

【0090】

【発明の効果】本発明によれば、温度変化によって特性のほとんど変化しない、比較的大きな分散角度を有する波長分波器を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】多層干渉膜を使用した従来のフィルタを示す図である。

【図2】従来のファブリーペロー干渉計を示す図である。

【図3】従来のマイケルソン干渉計を示す図である。

【図4】従来の回折格子を示す図である。

【図5】波長分割多重光を分波するための従来の導波路型アレイ格子を示す図である。

【図6】本発明の一実施形態に従った、バーチャリ・イメージド・フェーズド・アレイ (VIP A) を示す図である。

【図7】本発明の一実施形態に従った、図6のVIP A

を示す図である。

【図8】本発明の実施形態に従った、図6に示されるVIPAの線VIII-VIIIに沿った断面を示す図である。

【図9】本発明の一実施形態に従った、VIPAにより生成される干渉を示す図である。

【図10】本発明の一実施形態に従った、入力光の傾き角を決定するための、図6に示されたVIPAの線VIII-VIIIに沿った断面を示す図である。

【図11】本発明の一実施形態に従った、受信器と共に使用するVIPAを示す図である。

【図12】本発明の更なる実施形態に従った、受信器と共に使用するVIPAを示す図である。

【図13】本発明の一実施形態に従った、導波路型VIPAを示す図である。

【図14】本発明の更なる実施形態に従った、スペーサ部材と間隙長調整部材を有するVIPAを示す図である。

【図15】本発明の更なる実施形態に従った、スペーサ部材と間隙長調整部材を有するVIPAを示す図である。

【図16】本発明の一実施形態に従った、色分散を生成し、あるいは、補償するための、間隙長調整部材を有するVIPAを使用した装置の正面図である。

【図17】本発明の一実施形態に従った、色分散を生成し、あるいは、補償するVIPAとスペーサ部材を使用

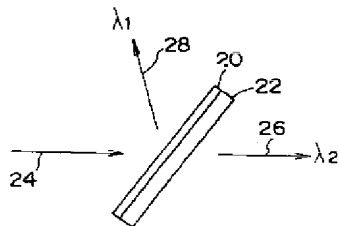
する装置のための1つのコリメートレンズを示した図である。

【符号の説明】

76、148、240	VIPA
80	レンズ
96、98	多層反射膜
100、156	平行板
102、126、150	照射窓
106	コリメートレンズ
108	円筒レンズ
114、160	レンズ
118	受光器
120	板
122、124、152、154	反射膜
140	導波路
142、322a、322b	コリメートレンズ
162	受光導波路
200	スペーサ部材
202、204	透明ブロック
206	間隙長調整部材
252	収束レンズ
254	ミラー
316	入力ファイバ
318	出力ファイバ
324、324a、324b	半円筒レンズ

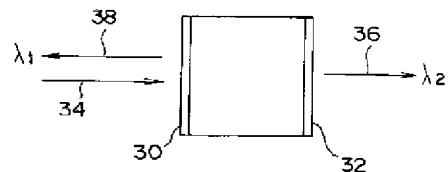
【図1】

従来の多層干渉膜を用いたフィルタを示す図



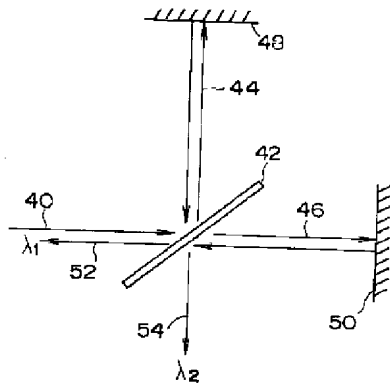
【図2】

従来のマブリ・ペロー干渉計を示す図



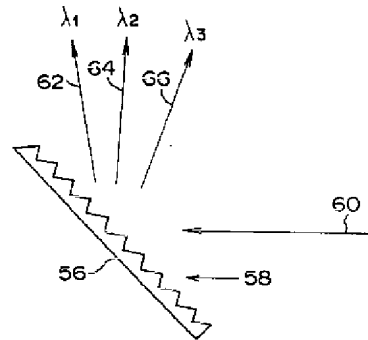
【図3】

従来のマイケルソン干渉計を示す図



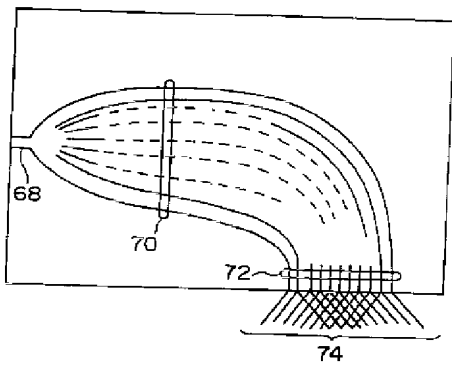
【図4】

従来の回折格子を示す図



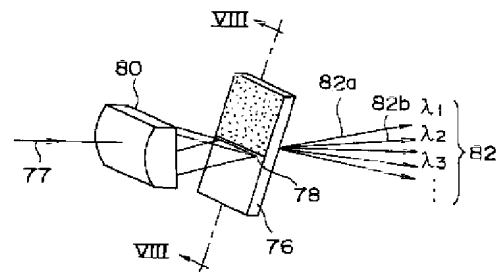
【図5】

従来の波長分割多重光を分波するための
導波路型アレイ格子を示す図



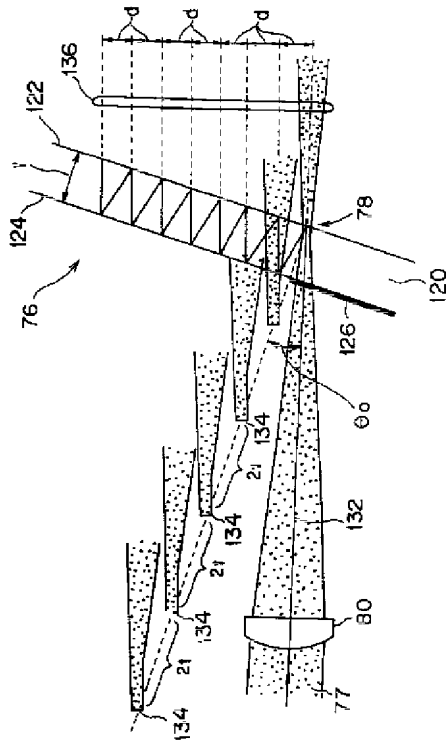
【図6】

本発明の一実施形態に従った、バーチャリ・
イメージ・フェーズド・アレイ(VIPA)を示す図



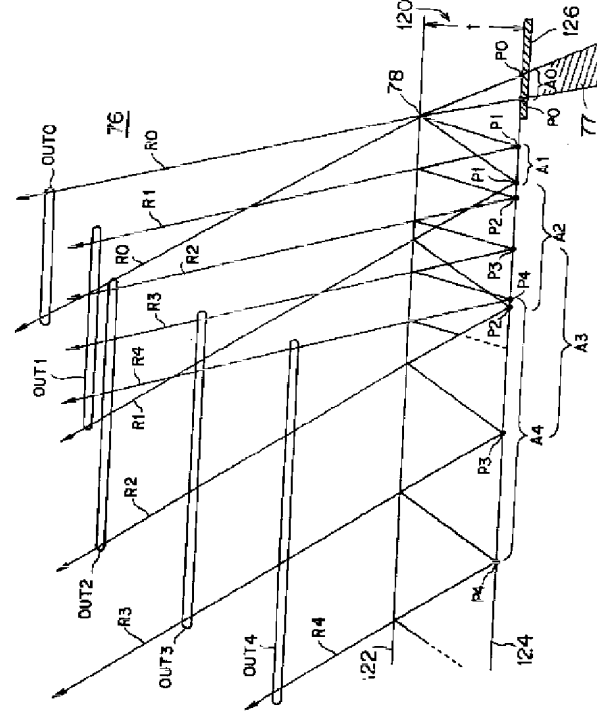
【図7】

本発明の一実施形態に従った、図6に図示された
VIPAの詳細を示す図



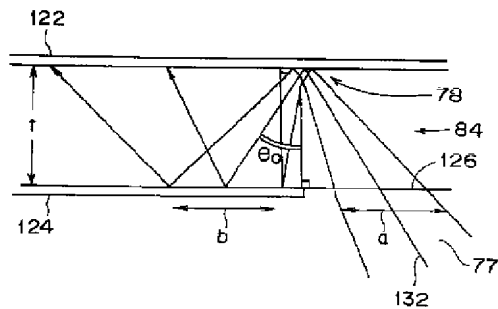
【图8】

本発明の実施形態に従った、図6に図示された
VIPAの線VIII-VIIIに沿った断面を示す図



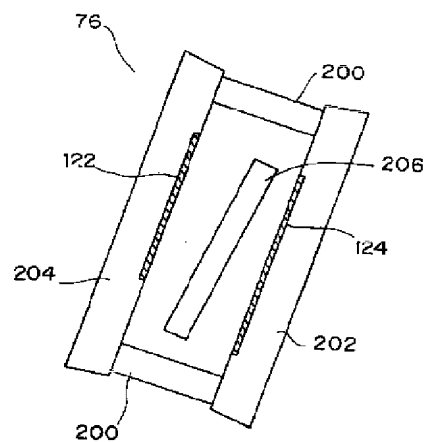
【例 10】

本発明の一実施形態に従った、入力光の傾き角を決定するための、図6に図示されたVIPAの線VIII-VIIに沿った断面を示す図



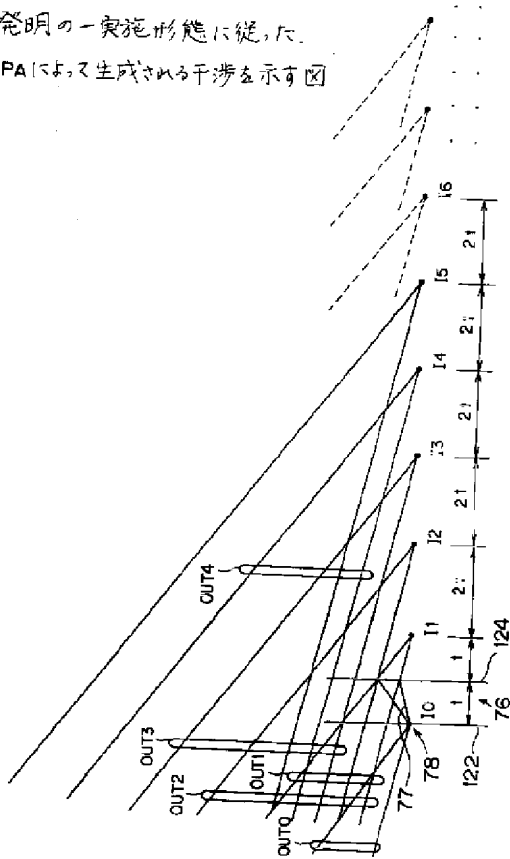
【例 14】

本発明の更なる実施形態に従った、スペーサ部材と
間隙長調整部材を有するVIPAを示す図



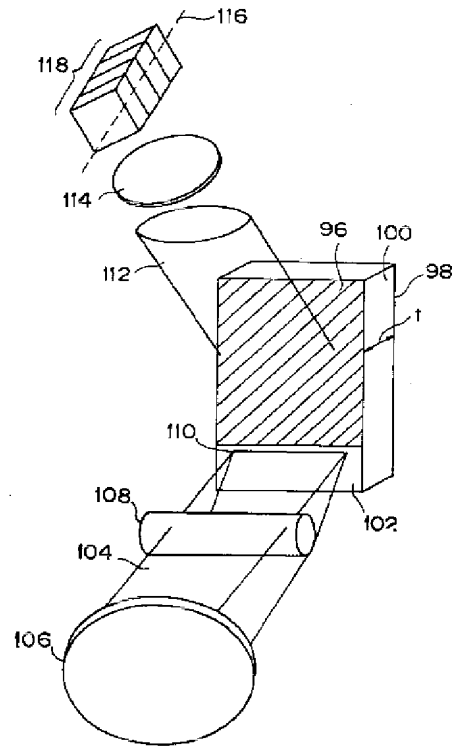
【図9】

本発明の一実施形態に従った、
VIPAによる生成される干渉を示す図



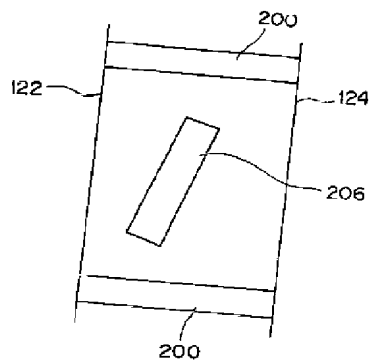
【図11】

本発明の一実施形態に従った、受信器と共に
用いられるVIPAを示す図



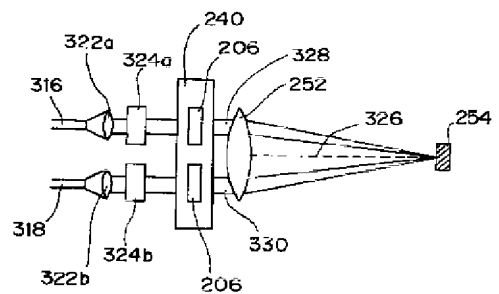
【図15】

本発明の更なる実施形態に従った、
スペーサ部材と間隙長調整部材を有するVIPAを示す図



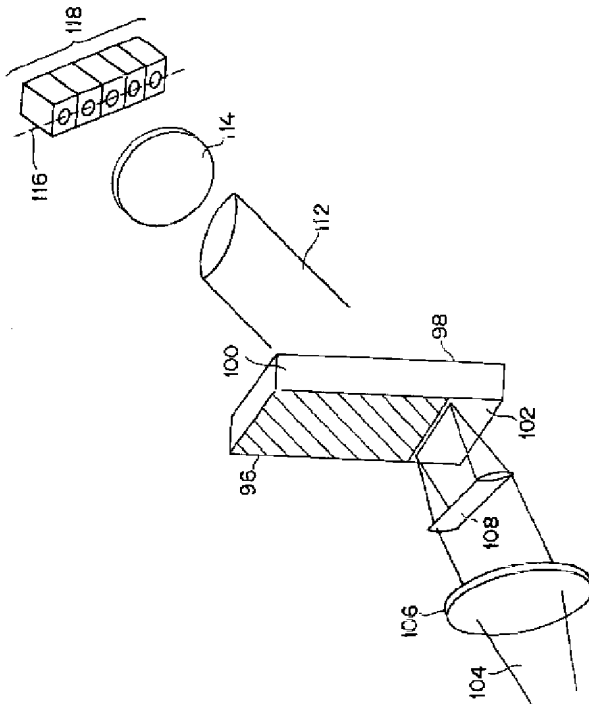
【図16】

本発明の一実施形態に従った、色分散を生成し、
あるいは、補償するための、間隙長調整部材を有する
VIPAを使用した装置の正面図



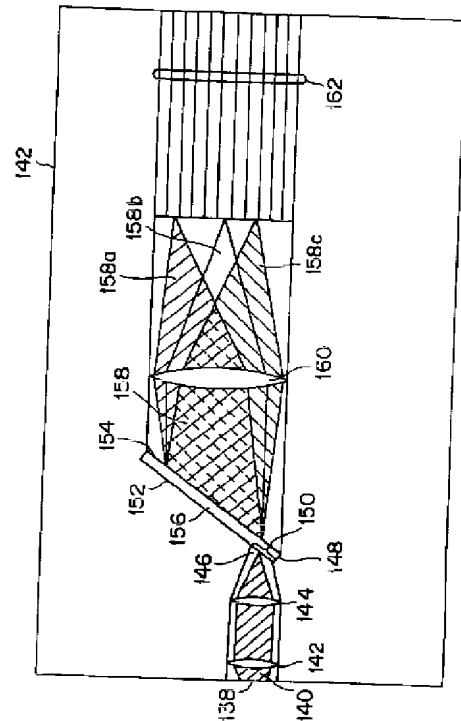
【図12】

本発明の別の実施形態に従った、受信器と共に
用いられるVIPAを示す図



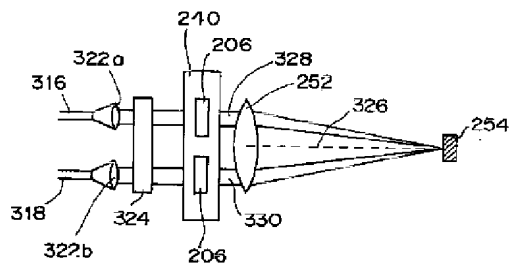
【図13】

本発明の一実施形態に従った、導波路型
VIPAを示す図



【図17】

本発明の一実施形態に従った、色分散を生成し、
あるいは、補償するVIPAとスベ−サ部材を使用する
装置のための1つのコリメートレンズを示した図



フロントページの続き

(72)発明者 白▲崎▼ 正孝
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(72)発明者 サイモン カオ
アメリカ合衆国, 94538 カリフォルニア
州, フリーモント, アルブラエ ストリー
ト 42501番地, アバネックス コーポレ
ーション内